

# Thermoline

## Principes de base du transfert de chaleur

Concept didactique global pour l'enseignement des principes de base du transfert de chaleur.

- mesures précises
- commande logicielle
- logiciel d'apprentissage

La série idéale pour aborder cette thématique complexe.



# Concept didactique global

Pour qu'un transfert de chaleur se produise entre des matières, il faut qu'il y ait un écart de température entre ces dernières. Ce phénomène est très courant au quotidien.

**En principe, il existe trois formes de transfert de chaleur:**

**La convection**  
décrit le transfert de chaleur dans des liquides ou des gaz en écoulement

**La conduction thermique**  
décrit le transfert de chaleur à l'intérieur d'une matière solide ou d'un fluide au repos

**Le rayonnement thermique**  
décrit le transfert de chaleur par rayonnement électromagnétique

Lors d'un transfert de chaleur, on a souvent une association des différentes formes de transfert de chaleur. L'illustration du foyer (feu) montre toutes les formes de transfert de chaleur sur une source de chaleur unique.

Pour observer les différentes formes de transfert de chaleur, on a besoin de montages expérimentaux spécifiques.

La Thermoline permet de réaliser des essais pour l'observation isolée des différentes formes de transfert de chaleur, transmettant ainsi les

connaissances de base essentielles sur le transfert d'énergie thermique.

Grâce à notre concept didactique global de qualité, nous vous aidons à enseigner de manière ciblée les principes de base du transfert de chaleur.

Pour permettre de visualiser les procédés thermiques se déroulant lors des différentes formes de transfert de chaleur, nous avons intégré notre logiciel innovant et performant à la série d'appareils.

Le logiciel permet d'obtenir une forme de représentation vraiment unique, et accompagne les étudiants dans la réalisation et l'évaluation des essais. Le logiciel aide, de manière ciblée, à établir un lien entre pratique et théorie.

Chaque appareil d'essai de la série Thermoline comprend un logiciel d'apprentissage multimédia, qui vient compléter notre concept didactique global. Il assiste les étudiants dans la préparation et le suivi des essais. Le logiciel d'apprentissage permet d'apprendre de manière autonome les principes de base théoriques et aide à comprendre la thématique par le biais de textes explicatifs, d'illustrations et d'images mobiles.

Système de formation

Acquisition des données

Composants techniques réels

Logiciel d'apprentissage

Faire le lien entre la théorie et la pratique est fondamental pour comprendre des principes techniques complexes.

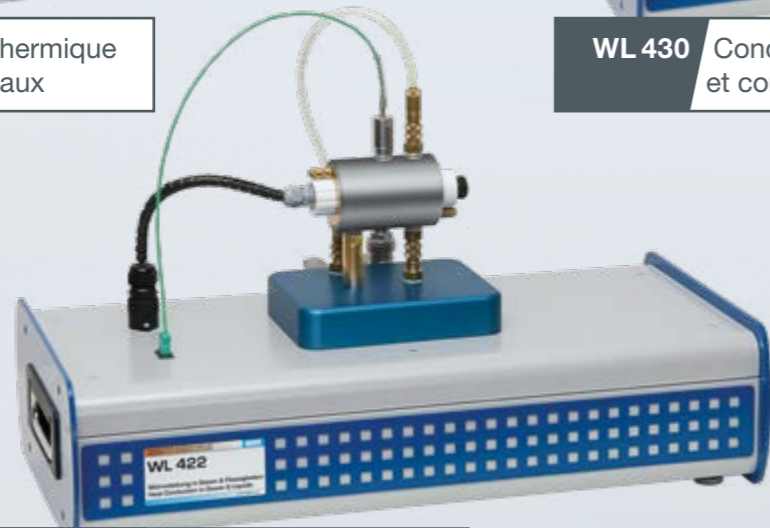
# Thermoline: les mécanismes du transfert de chaleur



WL 420 Conduction thermique dans des métaux



WL 430 Conduction thermique et convection



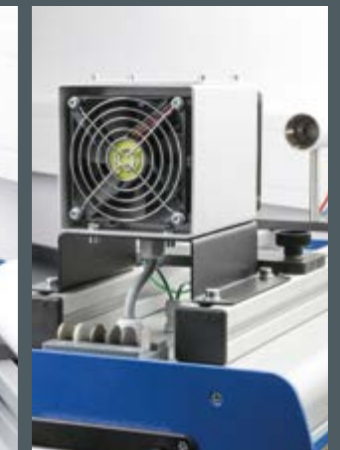
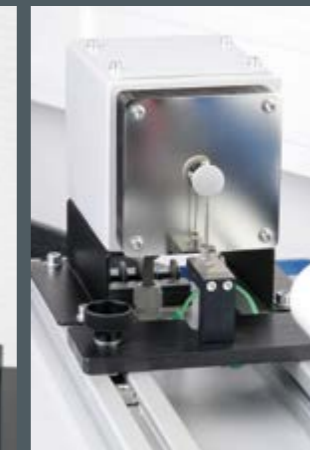
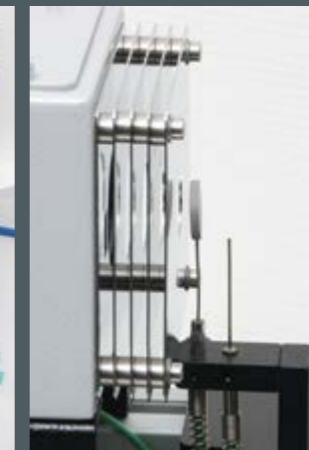
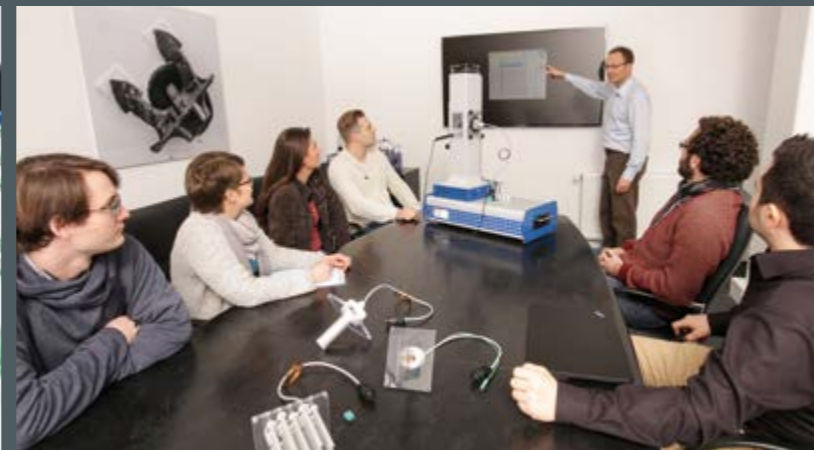
WL 422 Conduction thermique dans des fluides



WL 440 Convection libre et forcée



WL 460 Transfert de chaleur par rayonnement

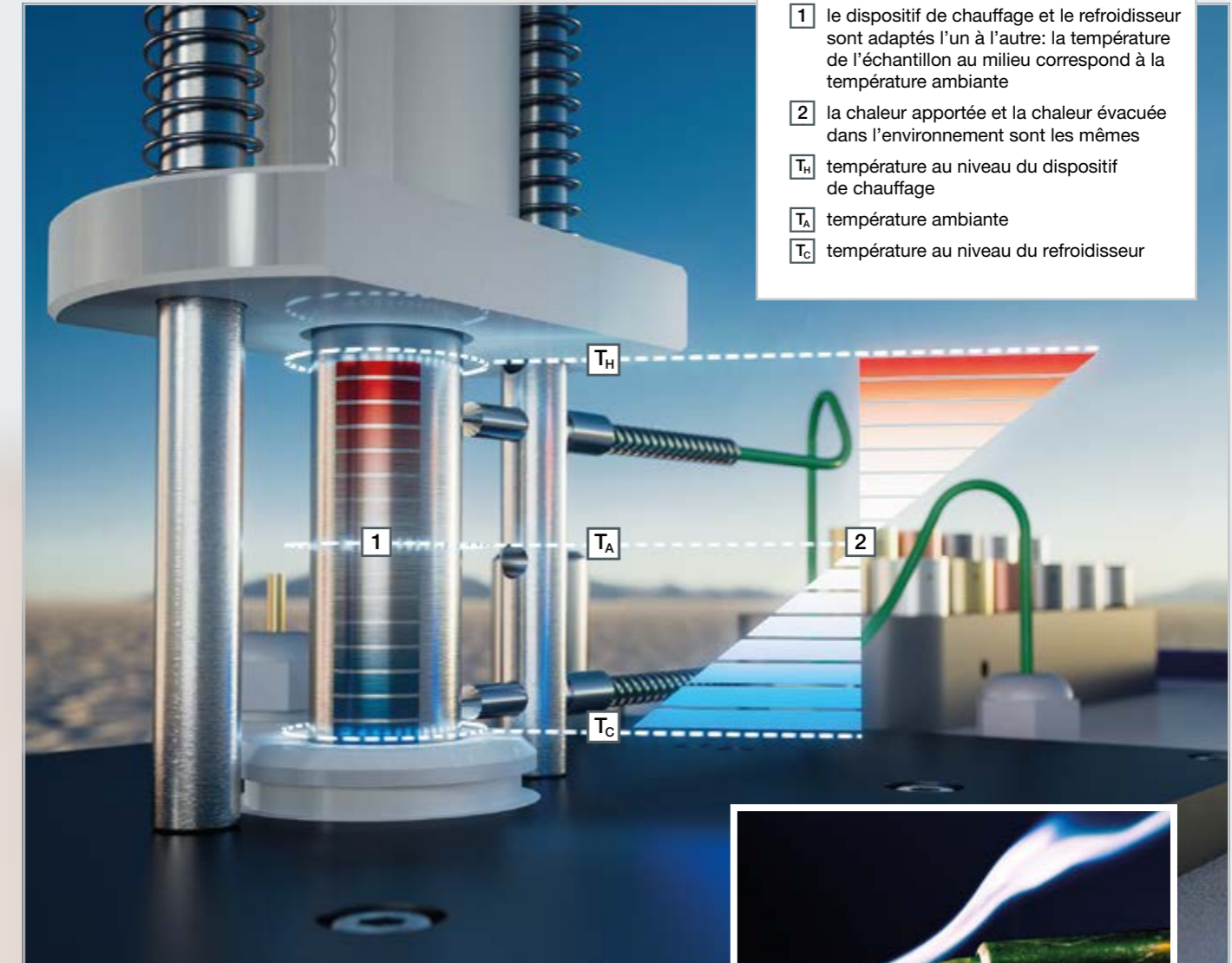
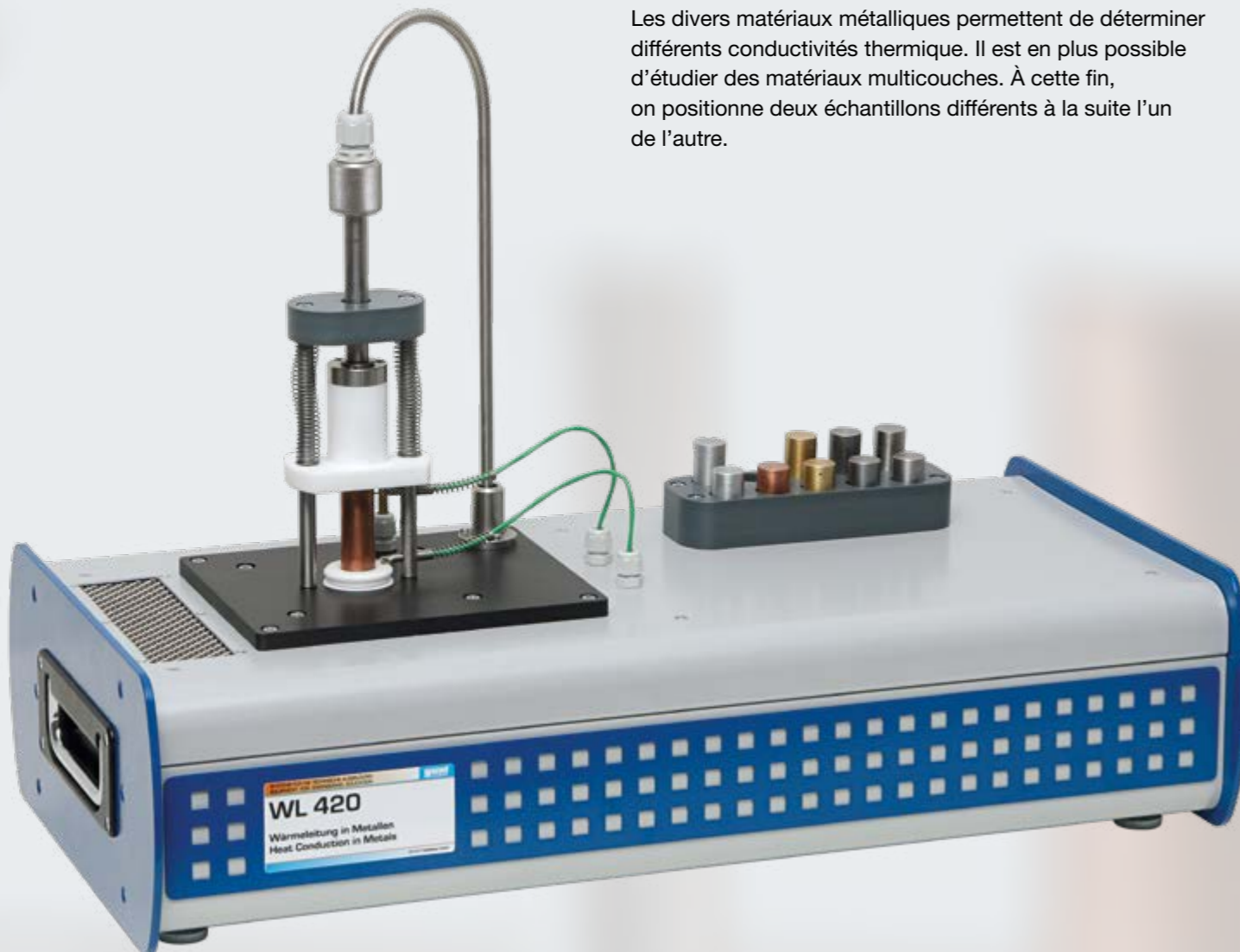


# WL 420 Conduction thermique dans des métaux

Des échantillons métalliques sont chauffés dans la partie supérieure grâce à un dispositif de chauffage électrique et refroidis dans la partie inférieure par le biais d'un élément Peltier. Apparaît ainsi un flux thermique se dirigeant du côté chaud vers le côté froid.

Pour préserver ce flux thermique, il faut maintenir un certain écart de température, qui dépend de la conductivité thermique et de la longueur de l'échantillon. L'écart de température est mesuré et sert de référence pour le conductivité thermique recherché.

Les divers matériaux métalliques permettent de déterminer différents conductivités thermique. Il est en plus possible d'étudier des matériaux multicouches. À cette fin, on positionne deux échantillons différents à la suite l'un de l'autre.



### Mesure précise

- les grandeurs perturbatrices thermiques sont minimisées

### Réalisation rapide de l'essai

- le refroidissement actif permet d'atteindre rapidement l'écart de température requis
- pas d'eau de refroidissement nécessaire



### Contenus didactiques et exercices

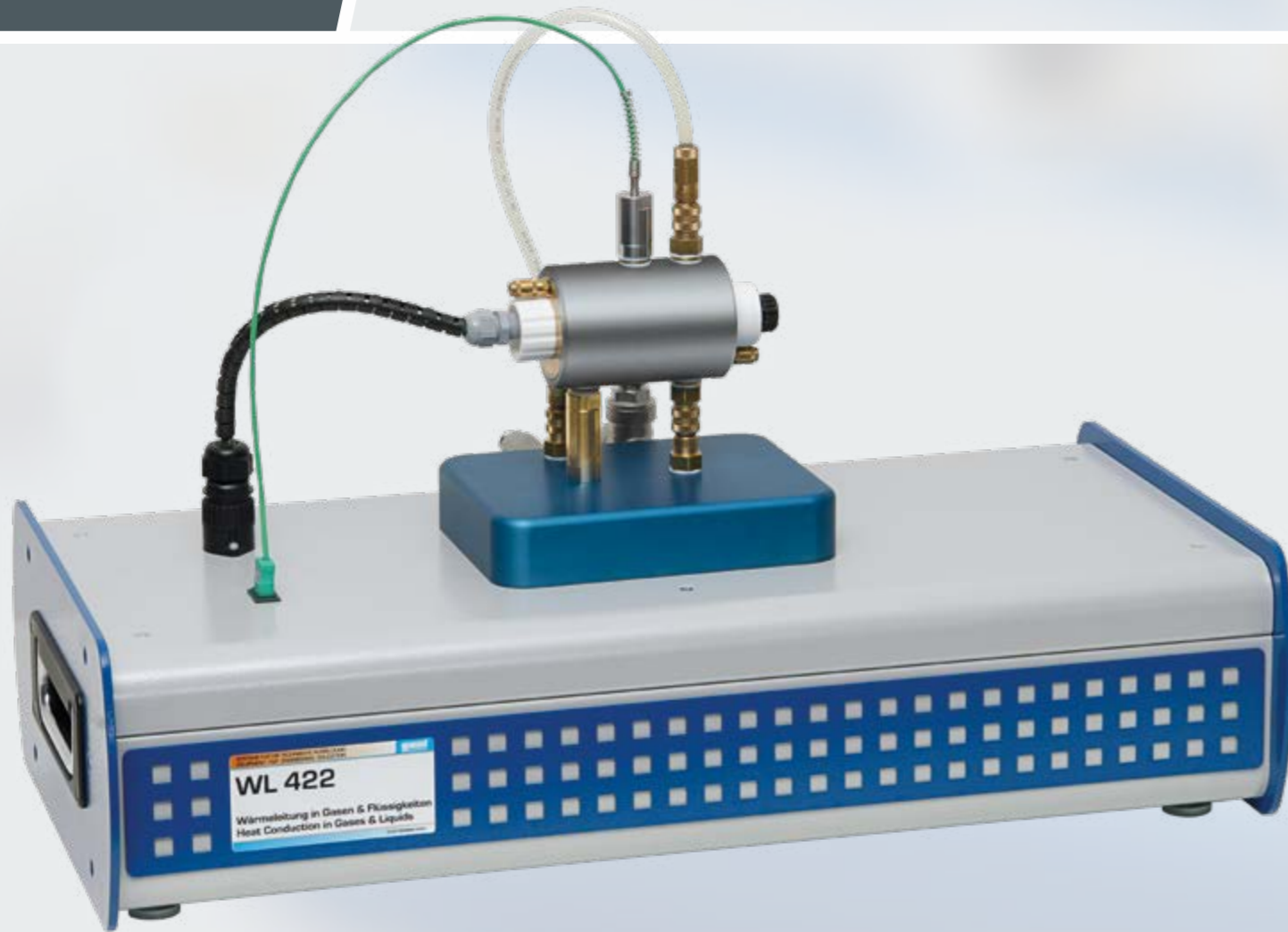
- description de l'évolution avant l'atteinte de l'état stationnaire
- détermination de la conductivité thermique de différents métaux à partir de valeurs de mesure
- détermination de la résistance thermique d'un objet
- étude du transfert de chaleur avec différents matériaux installés en série

Numéro d'article 060.42000



Caractéristiques détaillées des produits sous: [gunt.de/static/s5490\\_2.php](http://gunt.de/static/s5490_2.php)

# WL 422 Conduction thermique dans des fluides



Mesurer la conduction thermique dans des fluides est très exigeant étant donné que leur conductivité est relativement mauvaise et que les flux thermiques associés sont donc faibles.

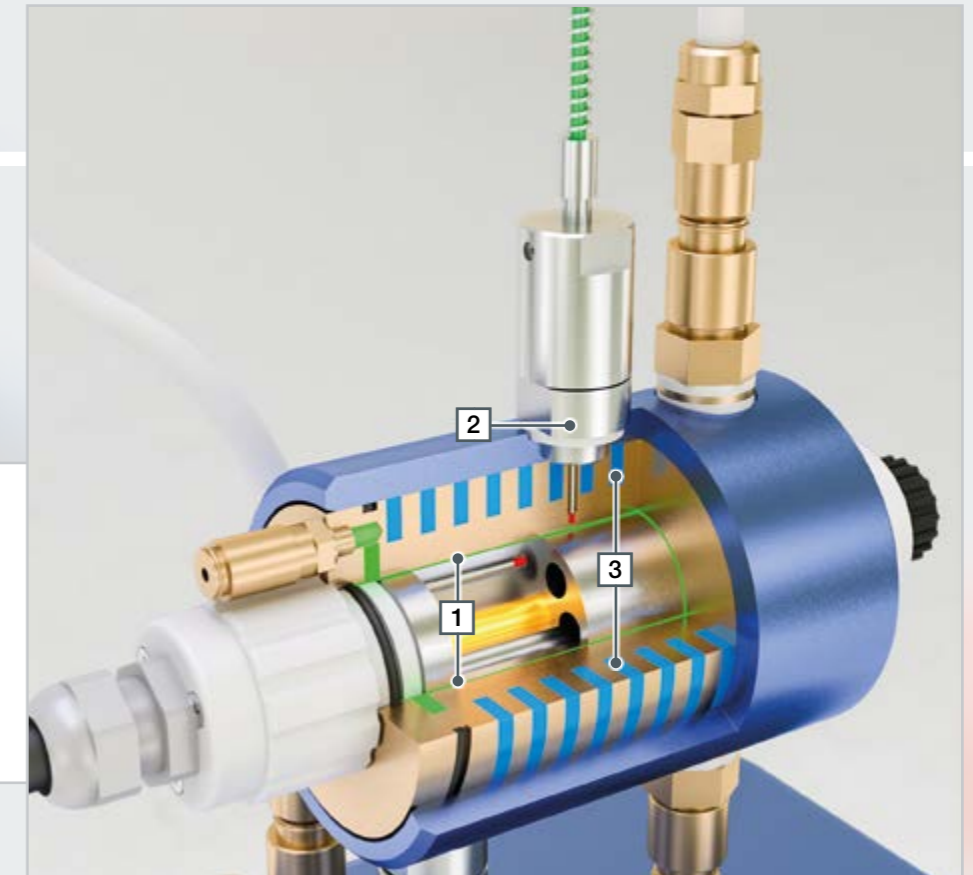
Les composants principaux de l'appareil d'essai sont deux cylindres: un cylindre interne chauffé électriquement qui se trouve à l'intérieur d'un cylindre externe refroidi par eau.

Les deux cylindres sont séparés par un espace annulaire concentrique. Cet espace annulaire est rempli du liquide à étudier. La conduction thermique se fait du cylindre interne par le fluide vers le cylindre externe.

L'espace annulaire étroit empêche la formation d'un flux thermique convectif et permet d'avoir une surface de passage relativement étendue tout en maintenant une distribution homogène de la température.

Avec ce procédé, on peut étudier la conductivité thermique des fluides aussi bien à l'état liquide que gazeux.

- 1 espace annulaire
- 2 thermocouple
- 3 canaux de refroidissement
- eau de refroidissement
- fluide



### Mesure précise

- les formes spéciales du cylindre interne et de la conduite d'eau dans le cylindre externe permettent d'obtenir une distribution homogène de la température
- la construction spécifique du montage expérimental minimise les flux thermiques parasites et les grandeurs perturbatrices

### L'état stationnaire est atteint rapidement

- la faible masse des cylindres interne et externe accélère le chauffage
- le piston d'équilibrage breveté assure le maintien d'une pression constante dans le fluide pendant le chauffage

### Contenus didactiques et exercices

- détermination de la conductivité thermique dans des fluides
- détermination de la résistance thermique dans des fluides
- interprétation des états non stationnaires en cours de chauffage et de refroidissement
- introduction à la conduction thermique non stationnaire avec le modèle de capacité en bloc

Numéro d'article 060.42200

Caractéristiques détaillées des produits sous:  
gunt.de/static/s5491\_2.php



# WL 430

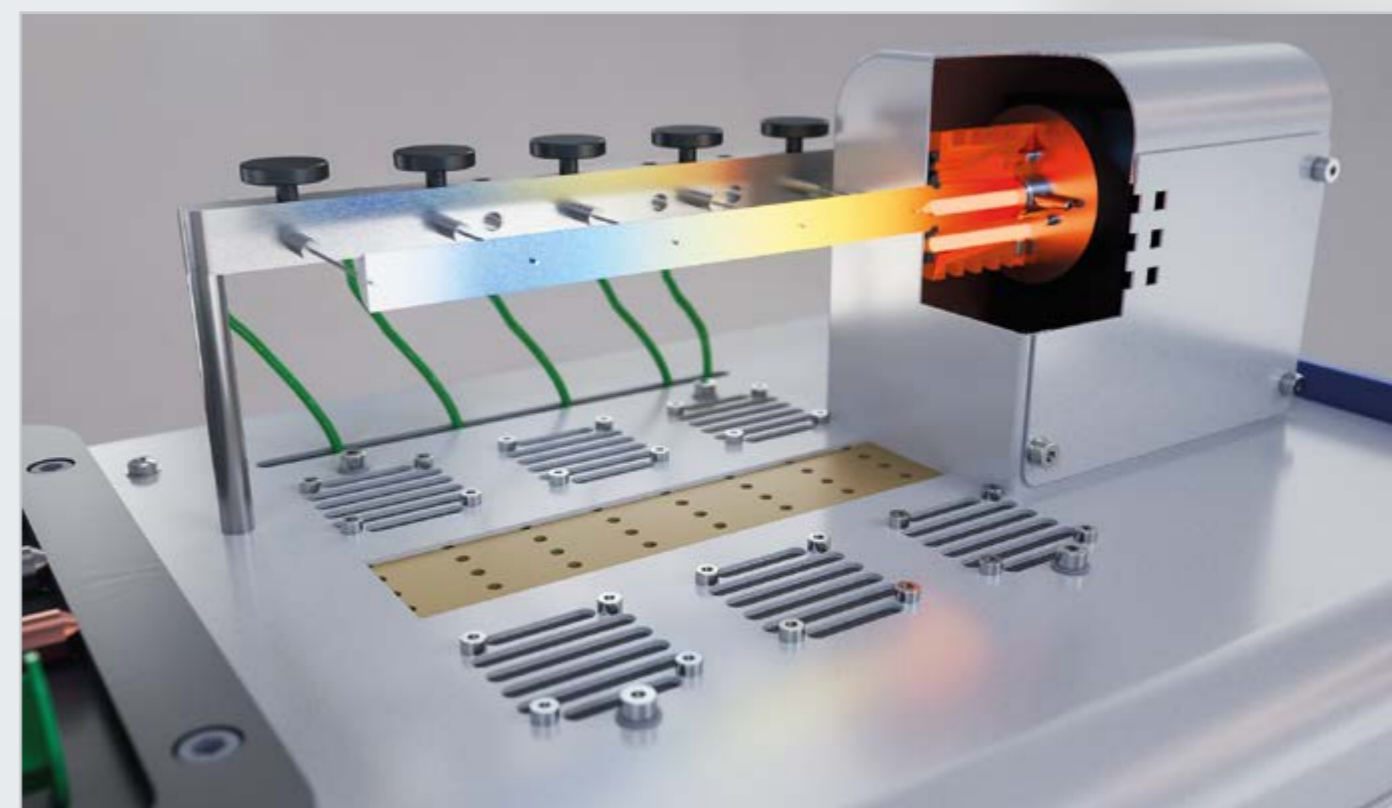
## Conduction thermique et convection

L'appareil d'essai met en évidence l'association de la conduction thermique et de la convection à travers l'exemple d'un anneau de refroidissement. L'évolution typique de la température le long d'un anneau de refroidissement est montrée.

Une barre ronde en métal chauffée d'un seul côté est utilisée comme modèle d'anneau de refroidissement. La chaleur est guidée à travers la barre ronde avant d'être libérée dans l'air ambiant. En plus de l'essai avec de l'air

au repos (convection libre), il est possible de réaliser des essais avec de l'air en écoulement en utilisant un ventilateur (convection forcée).

Différents matériaux et dimensions de barres rondes ainsi que des vitesses d'écoulement au choix permettent de multiples variations des paramètres déterminants.



### Mesure précise des températures

- l'isolation thermique active du dispositif de chauffage réduit les flux thermiques indésirables
- influence minimale du champ d'écoulement et de température grâce à des composants adaptés les uns aux autres

### Conditions d'essai optimales

- position de l'échantillon dans un environnement libre permet la réalisation optimale de la convection libre dans l'air au repos



### Contenus didactiques et exercices

- comparaison entre convection libre et convection forcée
- étude du transfert de chaleur convectif sur des fluides en écoulement
- étude de la conduction thermique dans des matériaux métalliques pour des conductivités thermiques différentes

Numéro d'article 060.43000



Caractéristiques détaillées  
des produits sous:  
[gunt.de/static/s5492\\_2.php](http://gunt.de/static/s5492_2.php)

# WL 440 Convection libre et forcée

Le composant principal de l'appareil d'essai est un conduit d'air vertical dans lequel se déroulent les procédés de convection. Un ventilateur aspire de l'air ambiant au niveau de l'extrémité inférieure du conduit et le transporte à travers le conduit d'air.

On peut utiliser quatre éléments de chauffage différents dans le conduit d'air, qui transfèrent leur chaleur à l'air. Les éléments de chauffage présentent des géométries différentes telles que faisceau tubulaire, plaque plane ou cylindre. L'appareil d'essai est dimensionné de telle manière que la totalité de la chaleur apportée par l'élément de chauffage est transférée à l'air.

Les essais sur ces éléments de chauffage montrent bien l'impact de la formation d'écoulement sur le transfert de chaleur. Des obstacles permettent de mettre en évidence les effets d'un écoulement turbulent sur le transfert de chaleur.



**Plaque plane soumise à un écoulement incident**

- 1 écoulement incident non perturbée
- 2 écoulement incident sur des obstacles

### Écoulement incident optimal sur les éléments chauffants

- la présence de tourbillons dans l'écoulement incident améliore la transmission de la chaleur aux couches de fluides plus éloignées

### Atteinte rapide des états stationnaires

- la construction spéciale des éléments de chauffage accélère le chauffage

### Mesure précise

- zone de mélange contrôlée derrière les éléments de chauffage pour une mesure exacte de la température de l'air au milieu
- la quasi-totalité de la chaleur des éléments de chauffage est transférée à l'air



### Contenus didactiques et exercices

- transferts de chaleur convectifs sur différentes géométries
- détermination expérimentale du nombre de Nusselt dans l'essai
- calcul de grandeurs caractéristiques typiques du transfert de chaleur

Numéro d'article 060.44000

Caractéristiques détaillées des produits sous: [gunt.de/static/s5494\\_2.php](http://gunt.de/static/s5494_2.php)



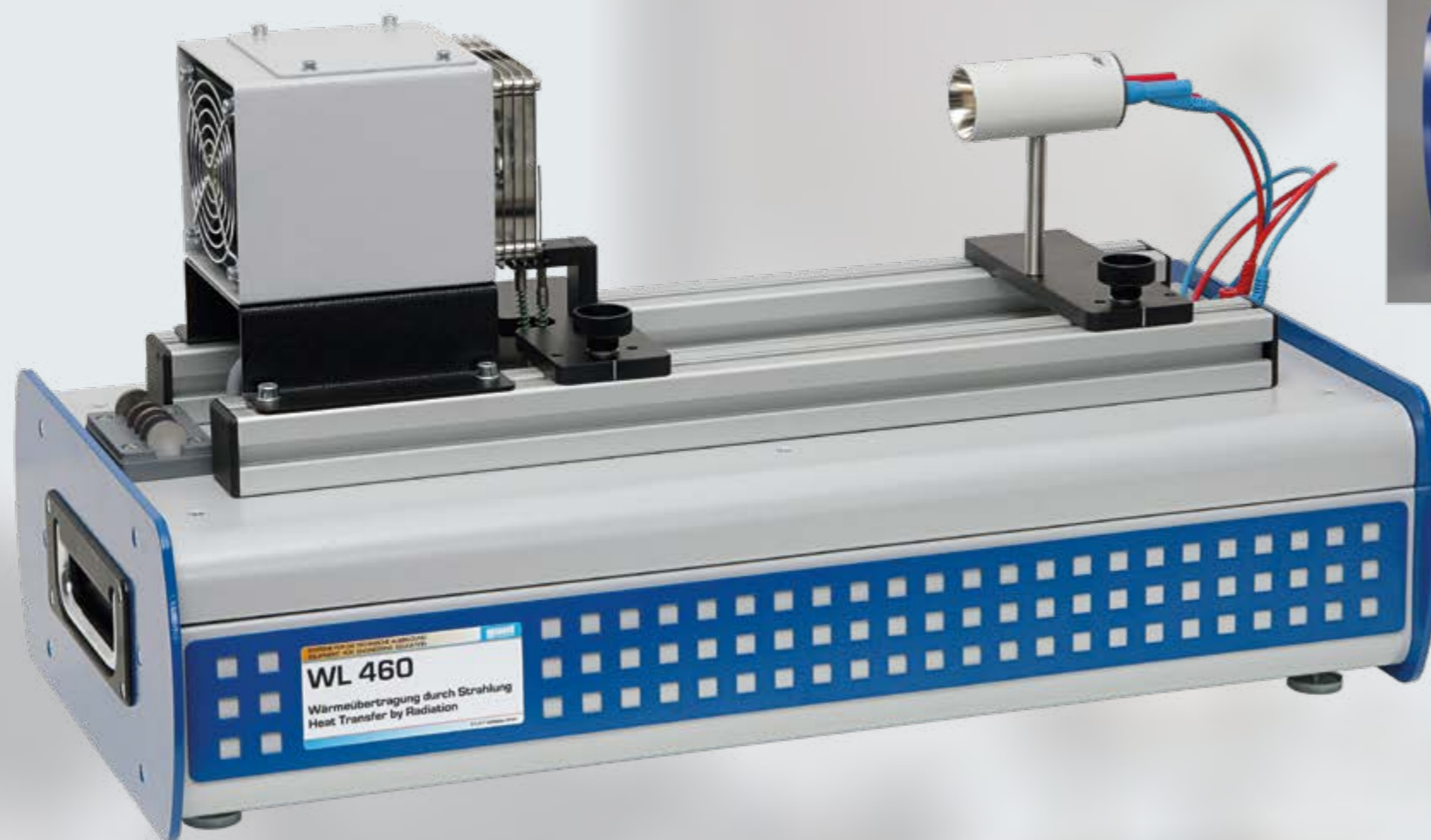
# WL 460

## Transfert de chaleur par rayonnement

Les essais sur le rayonnement thermique sont exigeants. Pour atteindre une puissance de rayonnement suffisante, il faut que les surfaces rayonnantes atteignent des températures très élevées.

Le composant central de l'appareil d'essai est un échantillon mince en forme de rondelle en métal. Un des différents échantillons en métal est positionné sur un thermocouple et chauffé sans contact par un faisceau de lumière très concentré.

Le rayonnement thermique dissipé par l'échantillon est mesuré par une thermopile. Afin de pouvoir mesurer le rayonnement à différentes distances, la thermopile est montée sur un rail mobile.



Une thermopile mobile pour démontrer la loi en carré inverse

### Bons résultats de mesure

- réduction de la conduction thermique sur les échantillons
- aucune sensibilité aux flux thermiques ambiants

### Réalisation rapide de l'essai

- chauffage rapide des échantillons grâce à un rayonnement thermique intense et aux dimensions réduites des échantillons
- refroidissement rapide de l'échantillon



### Contenus didactiques et exercices

- loi de Lambert
- loi de Stefan-Boltzmann
- loi de Kirchhoff
- étude du comportement non stationnaire
- établissement du bilan de puissance
- génération de diagrammes logarithmiques

Numéro d'article 060.46000

Caractéristiques détaillées  
des produits sous:  
[gunt.de/static/s5495\\_2.php](http://gunt.de/static/s5495_2.php)

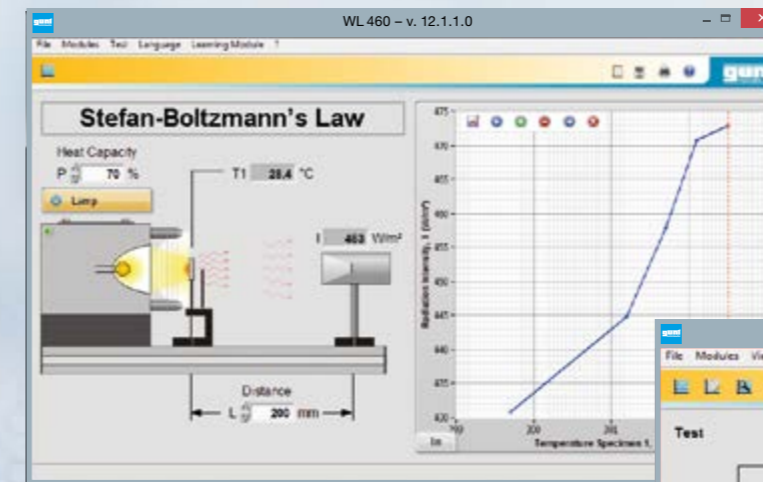
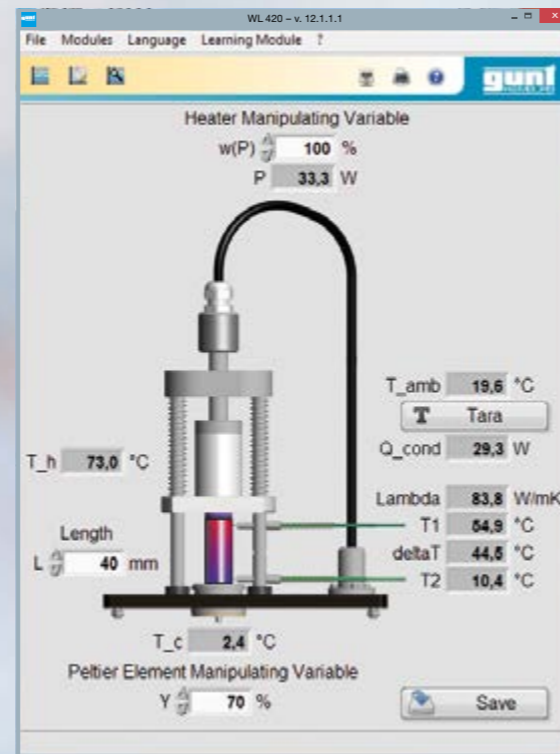
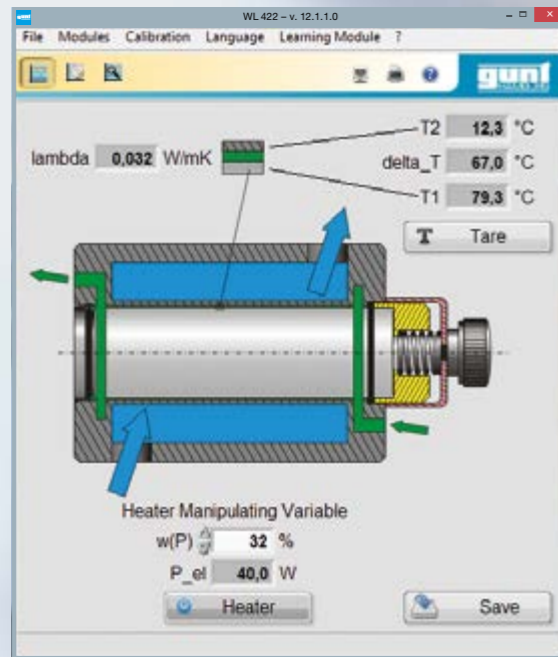




# Commande et acquisition des données

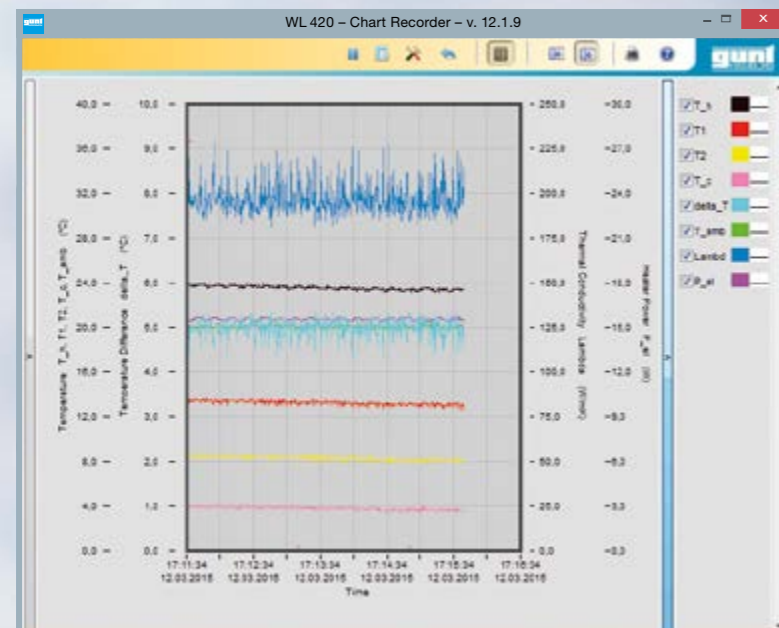
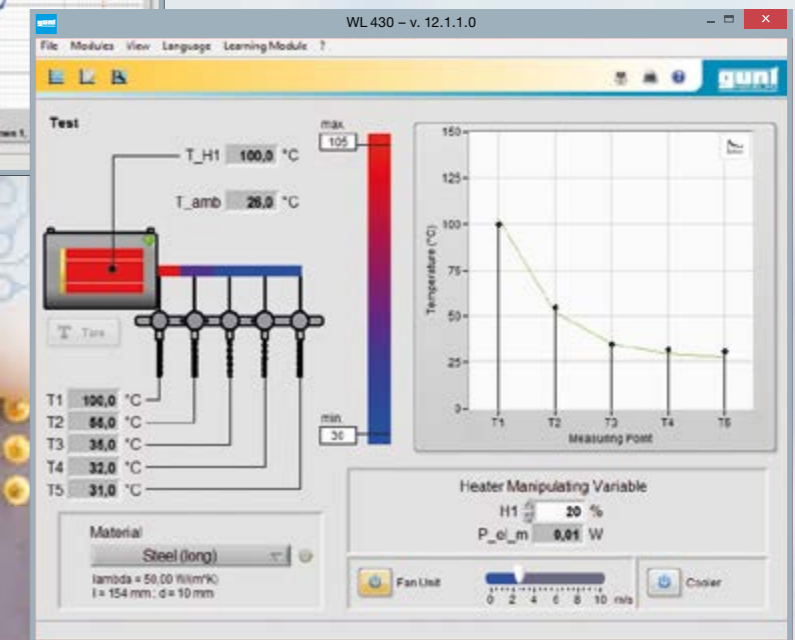
## Commande

- commande facile du système par le biais du logiciel
- réglage des paramètres de fonctionnement via les icônes correspondantes
- contrôle et lecture des valeurs de mesure



## Courbe de température géométrique

- les représentations des courbes de température aident à comprendre les différents mécanismes du transfert de chaleur



## Courbe de temps

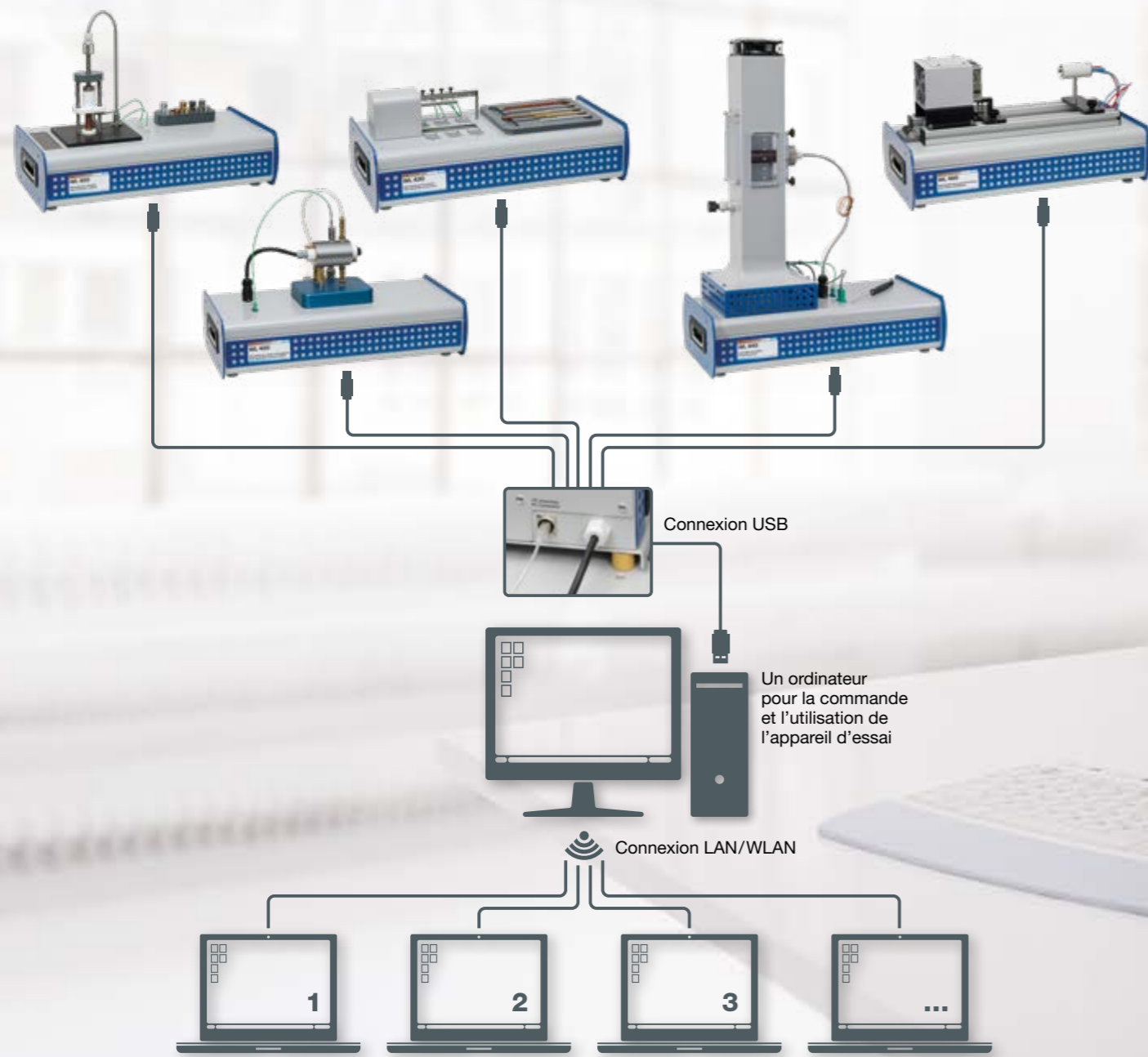
- représentation des valeurs de mesure en fonction du temps
- enregistrement et archivage de caractéristiques personnelles
- types de représentation au choix des valeurs de mesure
  - ▶ sélection des valeurs de mesure
  - ▶ définition
  - ▶ couleur
  - ▶ intervalles de temps

Technique de mesure assistée par micro-processeur

# Commande et acquisition des données

## Capacité de mise en réseau

- accès intégral par le réseau aux essais en cours à partir d'un nombre indéterminé de postes de travail externes
- les essais peuvent être suivis et évalués de manière autonome par les étudiants sur tous les postes de travail, et ce en utilisant un seul système didactique



...autant de postes de travail que l'on veut équipés du logiciel GUNT, avec une seule licence

Fonction Multi-Window



## Représentation

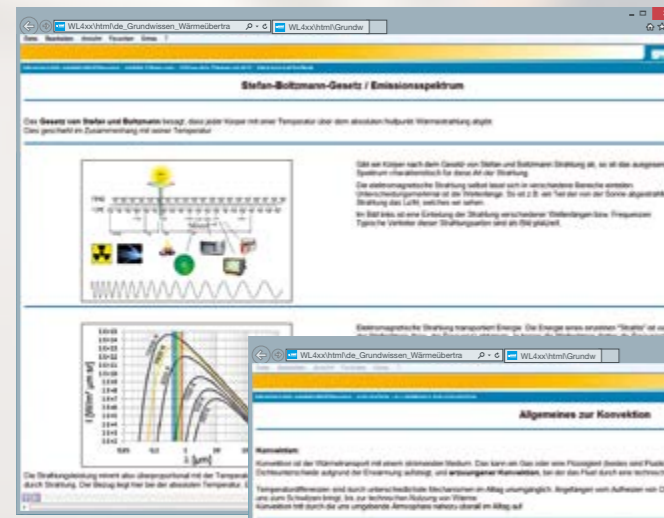
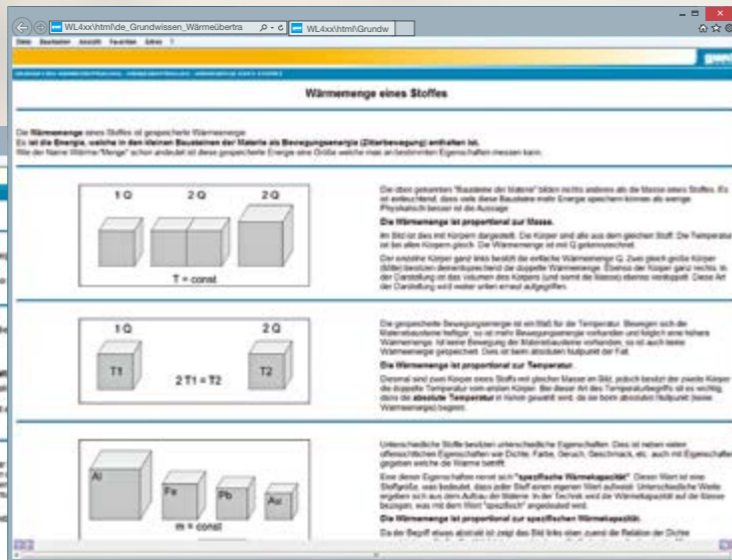
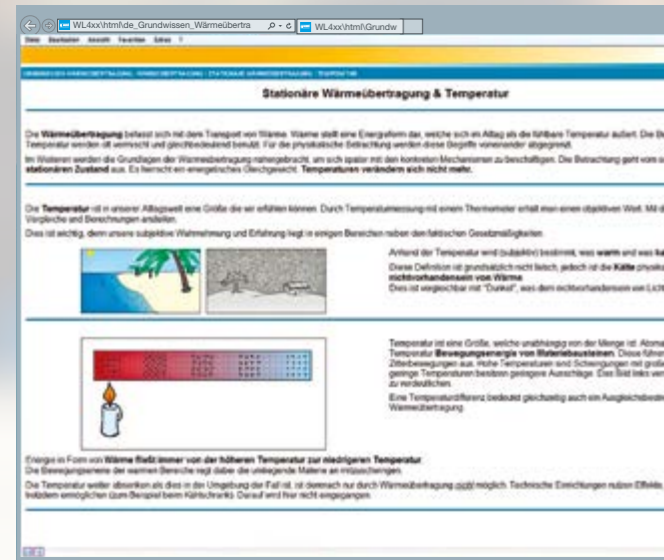
- flexibilité du positionnement et de l'agencement des différentes fenêtres de programme
- nombre de fenêtres au choix pour la visualisation simultanée du comportement en service du système

# Logiciel d'apprentissage

Un élément important qui s'ajoute à la commande et à l'acquisition des données

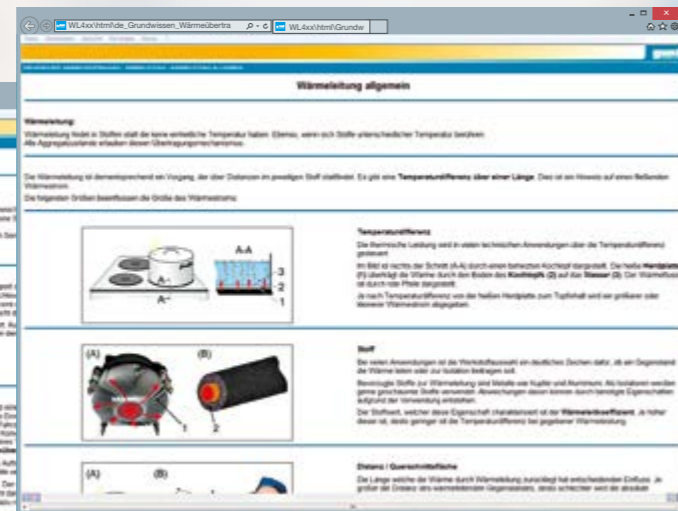
## Cours sur les principes de base

Des contenus didactiques multimédias bien pensés sur le transfert de chaleur



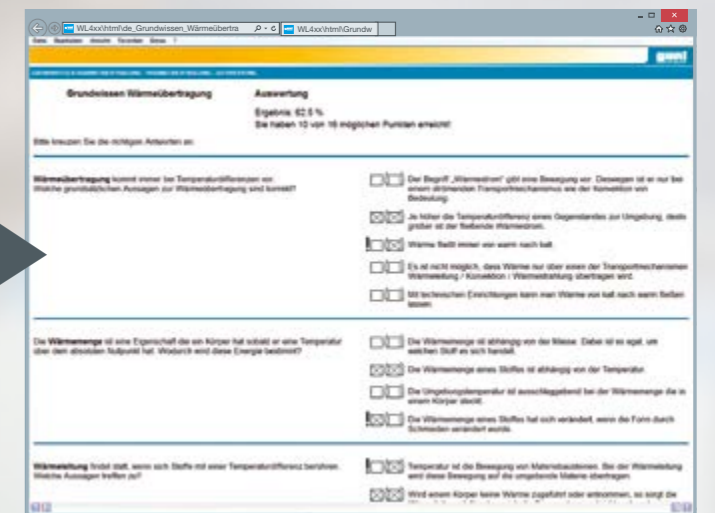
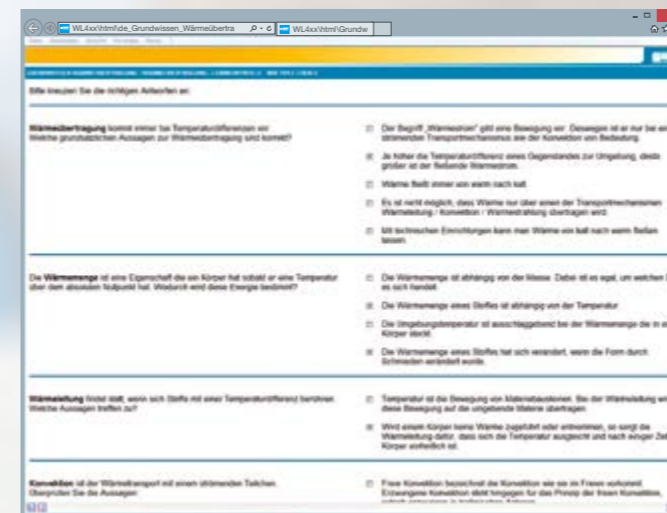
## Des cours thématiques détaillés

- explication sur les différentes formes de transfert de chaleur au moyen d'exemples concrets
- préparation autonome à l'utilisation des appareils



## E-Learning

- cours multimédia sur le PC à la maison
- flexibilité grâce à un apprentissage à son propre rythme, indépendamment de l'heure ou de l'endroit
- motivation renforcée par l'originalité et l'approche ludique des contenus d'apprentissage
- complément idéal du cours

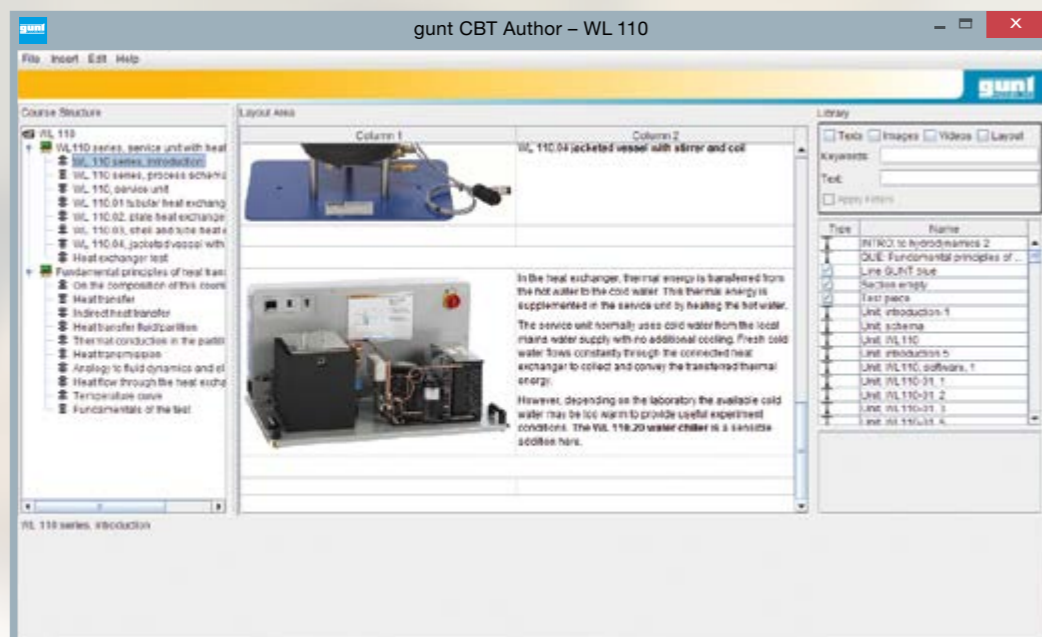


## Contrôle ciblé des contenus enseignés

- suivi discret et automatique de la progression des acquis
- identification des lacunes et soutien ciblé

# Logiciel d'apprentissage

Un élément important qui s'ajoute à la commande et à l'acquisition des données



## Liberté de conception pour l'intégration de ses propres contenus d'apprentissage par le biais du système-auteur

- aucunes connaissances HTML requises
- éditeur individuel pour la création de contenus didactiques
- commande intuitive
- intégration ciblée de contenus d'apprentissage concrets au sein de la structure du logiciel
- création de contrôles individuels des compétences
- intégration de films et graphiques animés



Qui a compris les bases du transfert de chaleur n'a plus froid...

## Vos avantages en un coup d'œil!

- flexibilité grâce à la détermination autonome de l'heure, de la durée et de l'endroit du suivi de l'unité d'apprentissage
- suivi discret et automatique de la progression des acquis
- possibilité de revenir autant de fois que l'on veut sur les aspects importants
- utilisation restreinte des postes de travail disponibles dans les établissements
- intégration ciblée de contenus d'apprentissage personnalisés au sein de la structure du logiciel
- intégration de méthodes d'apprentissage multimédia dans le quotidien de vos étudiants

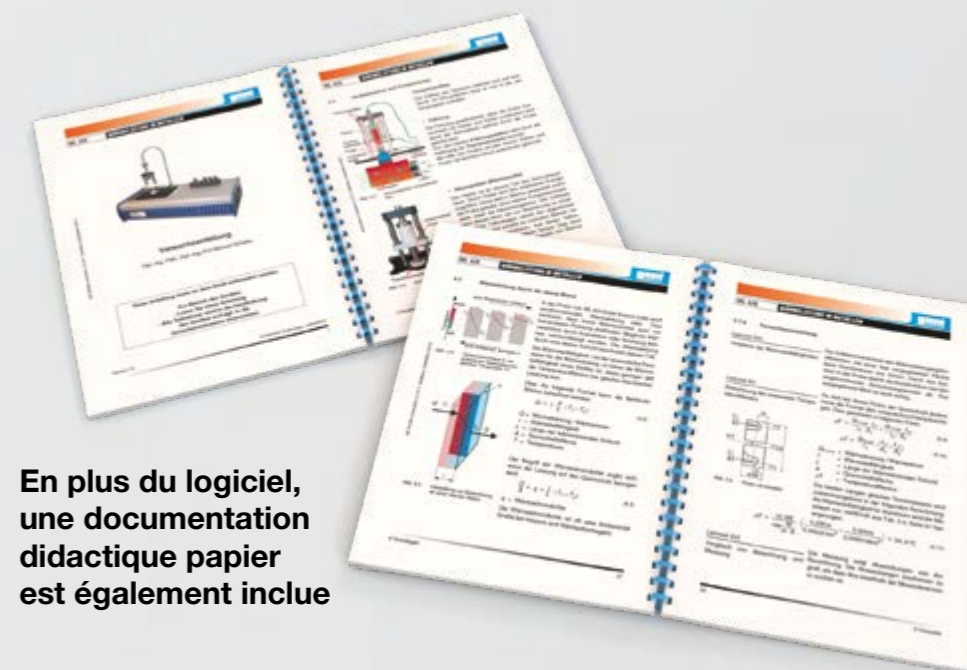


Depuis des années, nos appareils et la documentation didactique qui les accompagne se distinguent par leur qualité exceptionnelle!

Avec nous, faites un pas de plus dans le futur.

# Impressions

Aperçu du centre de formation de GUNT



En plus du logiciel,  
une documentation  
didactique papier  
est également incluse

## WP 300.09 Chariot de laboratoire

constitue un support  
parfait pour l'accueil  
d'un appareil mobile  
d'exercices et d'essai.



Pour en savoir plus sur les domaines de la génie thermique  
et énergie et de la technique du bâtiment (CVCS),  
cliquez ici:



» Génie thermique et énergie



» Technique du bâtiment (CVCS)

# Planification du laboratoire



Nous proposons un choix très complet de systèmes d'une qualité exceptionnelle pour la formation technique professionnelle.

Des appareils d'essai très maniables pour les salles de classe, en passant par des bancs d'essai pour votre laboratoire et une grande diversité d'installations d'essai très exigeantes.

Nous vous assistons volontiers dans la planification de votre laboratoire et nous ferons un plaisir de répondre à vos questions.

# Le programme complet GUNT



## Mécanique appliquée et conception mécanique

- statique
- résistance des matériaux
- dynamique
- dynamique des machines
- conception mécanique
- essai des matériaux



## Mécatronique

- dessin industriel
- modèles en coupe
- métrologie
- techniques d'assemblage et d'ajustage
- techniques de production
- kits d'assemblage
- maintenance
- diagnostic de machines
- automatisation et conduite de procédés



## Génie thermique et énergie

- principes de base de la thermodynamique
- échangeurs de chaleur
- machines à fluide thermique
- moteurs à combustion interne
- génie frigorifique
- technique du bâtiment (CVCS)



## Mécanique des fluides

- écoulement stationnaire
- écoulement non stationnaire
- écoulement autour de corps
- éléments de construction de tuyauteries et d'installations industrielles
- turbomachines
- machines volumétriques
- génie hydraulique



## Génie de procédés

- génie des procédés mécaniques
- génie des procédés thermiques
- génie des procédés chimiques
- génie des procédés biologiques
- traitement de l'eau



## 2E Energy & Environment

- | Energy                                  | Environment |
|---|-------------|
| ■ énergie solaire                       | ■ eau       |
| ■ énergie hydraulique et énergie marine | ■ air       |
| ■ énergie éolienne                      | ■ sol       |
| ■ biomasse                              | ■ déchets   |
| ■ géothermie                            |             |
| ■ systèmes énergétiques                 |             |
| ■ efficacité énergétique en bâtiments   |             |

## Contact

G.U.N.T. Gerätebau GmbH  
Hanskampring 15-17  
22885 Barsbuettel  
Allemagne

+49 40670854-0  
sales@gunt.de  
www.gunt.de



Consultez notre  
page d'accueil  
[www.gunt.de](http://www.gunt.de)